**Question : La ventilation en immersion (8 points)**

1. **Décrivez les conséquences de l’hyperbarie sur l’appareil ventilatoire (3 points)**

* *En hyperbarie, la masse volumique de l’air respiré augmente compte tenu de l’augmentation de la pression ambiante. Cette augmentation de masse volumique entraîne une augmentation des pertes de charge (écoulement de gaz dans l’appareil ventilatoire) : le travail ventilatoire augmente avec la profondeur.* ***(1 point)***
* *La résistance ventilatoire est aussi accrue du fait des détendeurs L’expiration devient active du fait de l’augmentation de la masse volumique de l’air et de la résistance du détendeur : soupape expiratoire).* ***(0,5 point)*** *Les débits sont ainsi diminués, ce qui accroît le travail des muscles ventilatoires qui tentent de les maintenir.*
* *Par ailleurs, la pression hydrostatique s’exerçant sur le corps entraîne le reflux central de la circulation sanguine périphérique (Blood shift). Cette hypervolémie centrale rigidifie les poumons et diminue leur élasticité : la variation de pression requise pour une variation de volume donné (la compliance pulmonaire) augmente. Ceux-ci sont rendus moins élastiques et l’espace disponible pour les volumes gazeux est plus réduit. Les conséquences sont une perte de 30% du VRE et un travail ventilatoire augmenté de 60%. Cela conduit l’organisme à constituer un VRE plus important, la ventilation se déplace vers le VRI (La ventilation est naturellement plus haute en immersion car l’expiration est active), les muscles respiratoires se fatiguent puisque ne travaillant pas dans les conditions habituelles.* ***(1 point)***
* *Pour ce qui concerne plus spécifiquement l’expiration, on observe une baisse du débit ventilatoire maximum, du VEMS (volume expiratoire maximum par seconde) et du DEM (débit expiratoire maximum), ce qui traduit une insuffisance respiratoire à l’effort en immersion.*
* *On peut dire que des sujets sains présentent en plongée les mêmes débits que des insuffisants respiratoires en surface.*
* *Il résulte de ces mécanismes une surproduction de CO2, une diminution de la ventilation alvéolaire et donc de l’élimination du gaz carbonique. Le résultat est une hypercapnie ou augmentation de la PpCO2 de gaz carbonique dans le sang.*
* *Cela favorise l’essoufflement et la fatigue des muscles ventilatoires.* ***(0,5 point)***

1. **Pourquoi un essoufflement peut apparaître en plongée, sans forcément faire d’effort physique intense ? (2 points)**

* *L’insuffisance de la ventilation alvéolaire, due à la masse volumique de l’air ambiant et à une adaptation insuffisante provoquent une augmentation du CO2 alvéolaire. Cette augmentation produit une diminution du gradient d’élimination, donc une hypercapnie (augmentation du taux de CO2 dans le sang).* ***(0,5 point)***
* *En cas d’hypercapnie, le centre de commande de la respiration (bulbe rachidien) va augmenter la fréquence ventilatoire (inspiration) dans le but de purger le CO2 efficacement.* ***(0,5 point)***
* *L’équilibre est maintenu, mais devient précaire. Tout événement qui va solliciter des muscles (froid, stress, effort…) et toute situation perturbant la mécanique ventilatoire (exercices de poumon ballast, efforts sans points d’appui…) vont augmenter la production de CO2. L’organisme ne peut plus s’adapter, c’est le début de l’essoufflement. (****1 point)***

1. **Un essoufflement est un facteur favorisant d’autres accidents ; lesquels ? (1 point)**

* *ADD : perturbations des échanges gazeux et micronoyaux gazeux engendrés par le CO2.*
* *Surpression pulmonaire : Le plongeur atteint d’un essoufflement expire difficilement. En cas de remontée « panique » (par exemple), cela augmente le risque de surpression pulmonaire.*
* *Noyade : Le plongeur qui subit un essoufflement sévère a un raisonnement confus et panique. Cette panique peut l’entraîner à lâcher son détendeur et ne pouvant réaliser une apnée, à se noyer.*
* *Narcose : l’augmentation de CO2 provoquée par l’essoufflement décuplerait l’effet narcotique de l’azote.*

***0,25 point par réponse***

1. **Quelles mesures de prévention donneriez-vous à vos stagiaires pédagogiques pour diminuer le risque de survenue de cet incident à leurs élèves (2 points)**

* *Plonger dans des conditions favorables en général (condition physique, milieu) visant à diminuer les conditions de stress, utilisation d’un équipement adapté (lestage), être vigilant au matériel (état, configuration et modèle) de ses élèves et vérifier l’ouverture des blocs.*
* *Privilégier la technique et le travail de la ventilation afin d’affiner rapidement le lestage des plongeurs.*
* *Pour l’accoutumance à la profondeur, mettre en place des ateliers pour limiter le stress (pendeur, descente en phoque…)*
* *Contrôler régulièrement la ventilation, la consommation, les efforts fournis en plongée.*
* *Ne pas plonger profond à contre-courant*
* *Ne pas descendre si les élèves sont déjà essoufflés en surface*
* *Privilégier l’entraînement physique :*
* *Augmentation de l’endurance des muscles ventilatoires :*
* *Par un travail de nage en surface*
* *Par une adaptation progressive à la profondeur (entraînement à la plongée en vue d’améliorer la résistance des muscles ventilatoires à la fatigue.)*
* *Amélioration du rejet de CO2*
* *Par un travail sur la ventilation en plongée : augmentation de l’amplitude des mouvements ventilatoires, en insistant notamment sur l’expiration, diminution de la fréquence ventilatoire*
* *Meilleure adaptation à l’effort*
* *Technique de palmage moins coûteuse*
* *Amélioration de l’utilisation musculaire de l’O2 nécessitant moins d’apport.*

***0,25 par réponse : 2 points maxi***